

## 課題情報シート

課題名：	潜熱蓄熱内装材によるハイブリッド壁暖冷房システムの開発（その2） － 内装材の性能改善と暖冷房エネルギー削減効果に関する検討 －		
施設名：	北海道職業能力開発大学校		
課程名：	応用課程	訓練科名：	居住・建築システム技術系
課題の区分：	開発課題	課題の形態：	制作・研究

### 課題の制作・開発目的

#### (1) 課題実習の前提となる科目または知識、技能・技術

環境工学、環境工学実験、建築設備、建築材料、木造施工、断熱施工、安全衛生

#### (2) 課題に取り組む推奨段階

木質構造施工・施工管理課題実習終了後

#### (3) 課題によって養成する知識、技能・技術

課題を通して、主に問題解決型の製品開発プロセス、環境デザイン技法、実験計画法及び技術報告書の作製技術の実践力を身につけます。

#### (4) 課題実習の時間と人数

人数：5名

時間：300時間

近年、積雪寒冷地の木造住宅は、建物の高断熱・高气密化や設備の高度化によって、四季を通して快適な室内環境を維持できるようになってきました。しかし、建物の熱損失係数（断熱性能）に比べると相対的な熱容量（蓄熱性能）が小さいため、日射熱取得（ダイレクトゲイン）による室温の過度な上昇が通年で観察されるようになり、本来環境負荷軽減に活用されるべき自然エネルギーである日射が、室内環境の阻害要因として取り扱われる可能性さえ否定できなくなってきました。

本開発では、融解温度を任意に設定できる潜熱型蓄熱材料（以下、PCM）を混和した内装材料と、毛細管暖冷房マット（以下、CTM）とを組み合わせる「ハイブリッド壁暖冷房システム（図1）」を製作し、その性能を検証することをテーマとしました。このシステムで用いる内装材は、石膏ボードなどの一般的な内装材に比べて、蓄熱能力が非常に高く、日射による室温の日変動を抑制して室内の快適性を向上させるとともに、日射エネルギーを暖房用エネルギーとして活用することを可能にするものです。

PCM は、融解温度に達すると相変化を起こし、温度を変えずに蓄放熱を行うことのできる材料で、組成によって融解温度を任意に設定することができます。採用したPCM は融解温度が25℃で50 $\mu$ m のカプセルに封入された粉末状であるため、PCM 内装材は乾式・湿式の両工法に対応することができます。一方、CTMは、外径3.4mm、肉厚1mm のポリプロピレンチューブを10mm 間隔で並べ、上部に熱媒を循環させるためのヘッダー

を取り付けた構造をしています。このシステムでは、CTM から室内への直接的な吸放熱は行われず、PCM 内装材を介することによりPCM の蓄放熱性能を利用し、暖冷房を行う際に急激な室温変動を生じさせることがありません。さらに、暖冷房停止後は長時間の放熱効果が期待でき（写真1）、空調負荷のピークカットとピークシフトが可能となるので、エネルギーの効率的な利用を促進することができます。

実証試験では、システムの基本的熱性能を検証するための実験室実験に加えて、高断熱・高気密住宅を想定した実証試験棟(写真2：2.3×4.6×2.3H m)を建設して、開発したシステムを施工した部屋（PCM 室）と一般的な内装仕様の室（PB 室）を設け、室温変動及び省エネ性能を測定・比較するとともに、室温変動・暖冷房負荷予測シミュレーションを行って、当該システムの室温変動と環境負荷の抑制効果の実証を試みました。写真2、暖房時の壁表面のサーモグラフ画像です。

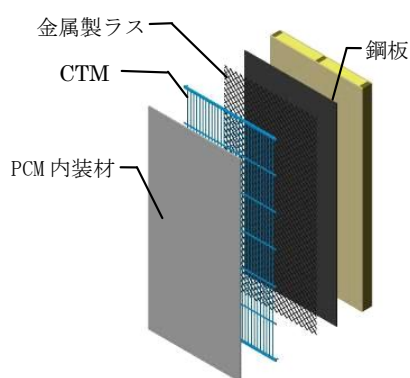


図1 システム試作品 模式図

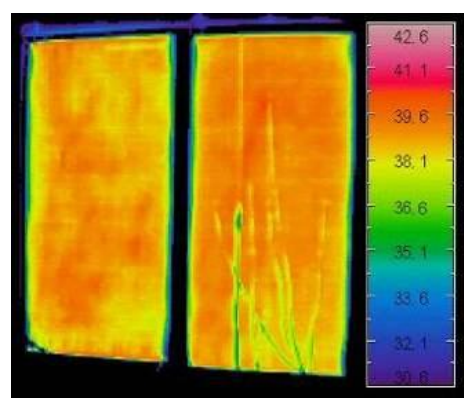


写真1 サーモグラフ画像（暖房時）



写真2 実験棟外観

### 課題の成果概要

本開発で得られた成果を要約して以下に示します。

- ① LCM を母材とする事で PCM 内装材の強度が高まった（図1）。
- ② PCM 内装材の長さ変化を膨張材や繊維、細骨材の挿入で抑制できた。
- ③ PCM 内装材の施工性を主観的評価により定量化し、フロー値 160 で最大となることを確認した。

- ④ PCM 内装材の基本的熱性能を定量化した（表 1）。
- ⑤ PCM 内装材のピークカット効果及び室温変動幅の抑制効果を通年で確認した。
- ⑥ 昼間換気量を抑え、夜間に多くの外気を取り入れる換気パターンは夏期の排熱効率が高い。

混和率 20wt%の PCM 内装材は暖房消費エネルギーを 20%削減する効果があることを確認しました（図 3）。

表 1 PCM内装材の熱性能

名称	PB	L	パウダー状PCM								スラリー状PCM							
			LP10		LP20		LP30		LP40		LS10		LS20		LS25		LS30	
			固相熱	液相熱	固相熱	液相熱	固相熱	液相熱	固相熱	液相熱	固相熱	液相熱	固相熱	液相熱	固相熱	液相熱	固相熱	液相熱
PCM混和率 (wt%)	石膏ボード	LCM	10%	20%	30%	40%	10%	20%	25%	30%	10%	20%	25%	30%	10%	20%	25%	30%
NC	-	0.40	0.40	0.40	0.44	0.40	0.37	0.46	0.45	0.50	0.37	0.46	0.45	0.50	0.37	0.46	0.45	0.50
熱伝導率 (W/m·K)	0.14	0.32	0.22	0.26	0.16	0.26	0.26	0.23	0.19	0.21	0.26	0.23	0.19	0.21	0.26	0.23	0.19	0.21
比熱 (kJ/kg·K)	1.02	0.88	0.69	0.84	0.75	1.00	0.96	1.44	0.91	1.04	0.91	1.80	1.01	1.87	1.05	1.37	0.95	1.59
潜熱量 (kJ/kg)	-	-	7.91	15.09	23.71	38.41	10.55	11.66	17.10	23.16	10.55	11.66	17.10	23.16	10.55	11.66	17.10	23.16
蓄熱量 (kJ/kg)	9.50	8.80	15.58	23.79	35.19	48.13	23.90	26.03	29.17	35.84	23.90	26.03	29.17	35.84	23.90	26.03	29.17	35.84
容積比熱 (MJ/m <sup>3</sup> ·K)	0.73	1.08	0.78	0.95	0.82	1.09	0.92	1.54	0.80	0.92	1.03	2.03	1.08	2.01	1.06	1.38	1.02	1.70
容積潜熱量 (MJ/m <sup>3</sup> )	-	-	8.90	16.57	25.37	33.88	11.64	12.50	17.34	24.79	11.64	12.50	17.34	24.79	11.64	12.50	17.34	24.79
容積蓄熱量 (MJ/m <sup>3</sup> )	6.74	10.75	17.53	26.11	37.65	42.46	26.89	27.91	29.41	38.35	26.89	27.91	29.41	38.35	26.89	27.91	29.41	38.35
蓄熱量の比率	1.00	0.93	1.64	2.50	3.70	5.07	2.52	2.74	3.07	3.77	2.52	2.74	3.07	3.77	2.52	2.74	3.07	3.77

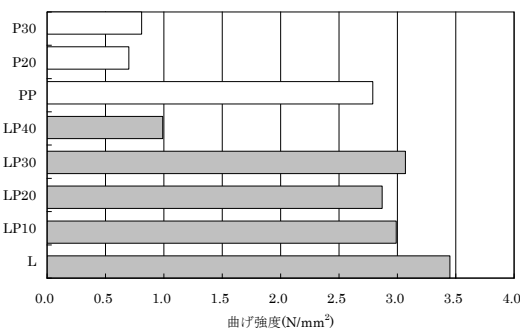


図 2 PCM 内装材の強度

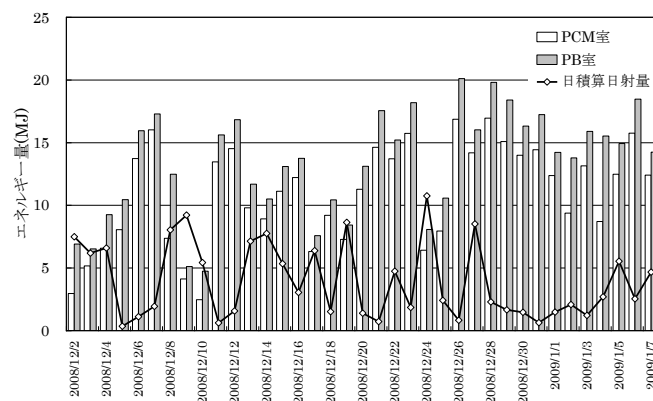



図 3 実験棟のエネルギー消費削減量

## 課題制作・開発の訓練ポイントおよび所見

世界的に注目されている環境問題を背景として、既往の環境技術を調査分析し、着目した技術の組み合わせ・総合化を通して、実際の「ものづくり」へと展開することができました。

また、技術的な検証の過程では科学的な仮説立案と証明の方法及びその有意性を理解し、科学・技術・技能の補完的関連性について体験的に学習することができました。プロトタイプ 2 の製作では、当初乾燥収縮によるひび割れが生じて内装材として使用することが絶望的に見えた時期もありましたが、さまざまな調合を忍耐強く工夫しトライアンドエラーの中から粘り強くものづくりを行い、商品開発へとこぎつける力が養成されました。また、実験棟の建設を通してチームワークの大切さを実感するとともに、開発段階ごとに実施された発表会ではプレゼンテーション能力を向上させることができました。

養成する能力 (知識、技能・技術)	課題制作・開発のポイント	訓練（指導）ポイント
<p>○問題意識を明確にして、これが「ものづくり」を通して解決されるとの仮説を立案し、これを科学的に実証する能力を身につけます。</p> <p>○トライアンドエラーを通して PCM の最適調合を発見する能力を身につけます。</p>	<p>◇KJ 法などを活用して、問題意識を収斂させ、調査した様々な要素技術を分析して、開発テーマを決定させました。</p> <p>◇仮説の実証に必要な実験装置や手法をチームで立案して製作させました。</p> <p>◇湿式工法での施工は熟練が必要になるため、内装施工の訓練が不可欠です。</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●既往の関連論文をできるだけ多く読ませ、未開発分野を明確にしておきます。また、グループ内での発表会を毎週行い、評価検討をさせました。</li> <li>●テーマ毎に実験計画書を立案させ、実施後に報告検討会を開催しました。</li> <li>●試験体サンプルは設計から硬化まで 2 週間程度かかるので、複数の調合（10 種程度）を一度に検討させました。</li> </ul>

## 課題に関する問い合わせ先

**施設名** : 北海道職業能力開発大学校  
**住所** : 〒047-0292  
 北海道小樽市銭函 3 丁目 190 番地  
**電話番号** : 0134-62-3553 (代表)  
**施設 Web アドレス** : <http://www.ehdo.go.jp/hokkaido/>